

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent Application of)
)
KOBAYAKAWA et al.)
)
Application Number: To Be Assigned)
)
Filed: Concurrently Herewith)
)
For: GAS CONCENTRATION MEASUREMENT)
INSTRUMENT AND GAS CONCENTRATION)
MEASUREMENT METHOD)
)
ATTORNEY DOCKET NO. HIRA.0174)

Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231

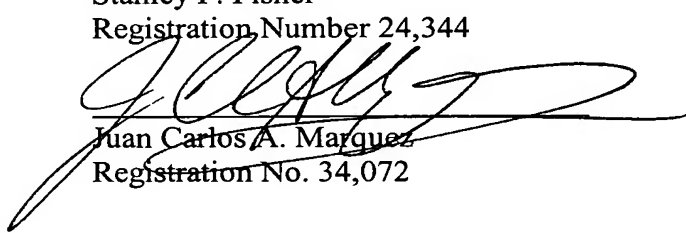
**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of the PCT application PCT/JP2003/009200, filed July 18, 2003, which claims the priority date of the Japanese Patent Application 2002-210512 filed July 19, 2002.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,344



Juan Carlos A. Marquez
Registration No. 34,072

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
January 19, 2005

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

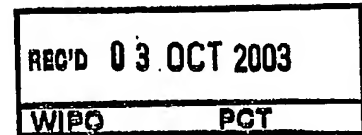
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 7月19日
Date of Application:

出願番号 特願2002-210512
Application Number:

[ST. 10/C]: [JP 2002-210512]

出願人 独立行政法人産業技術総合研究所
Applicant(s):

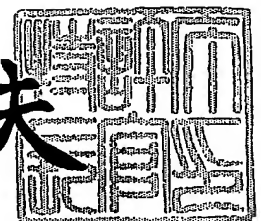


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 7月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 334-02194

【提出日】 平成14年 7月19日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G01F 1/66

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

 【氏名】 小早川 達

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

 【氏名】 戸田 英樹

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県つくば市東1-1-1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

 【氏名】 斉藤 幸子

【特許出願人】

 【識別番号】 301021533

 【氏名又は名称】 独立行政法人産業技術総合研究所

 【代表者】 吉川 弘之

 【電話番号】 0298-61-3280

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 気体濃度計測装置および気体濃度計測方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 測定対象領域の気体の濃度変化を計測する気体濃度計測装置において、

複数の矩形パルス波からなる矩形パルス波群を超音波生成信号とし、その超音波生成信号に応じて超音波を送信する超音波送信手段と、

上記測定対象領域の気体を通過した後の上記超音波を電気信号に変換し超音波受信信号とする超音波受信手段と、

上記超音波生成信号の信号出力時点を検出する一方、上記超音波受信信号に包絡線抽出処理を施して包絡処理信号を求めるとともに、その包絡処理信号が所定の閾値を越えた後にその閾値以下となる時点である閾値降下時点を求め、その閾値降下時点と上記信号出力時点との差分を気体濃度の変化分として検出する気体濃度計測手段と、

を備えることを特徴とする気体濃度計測装置。

【請求項 2】 上記閾値降下時点と上記信号出力時点との差分は、気体の混合比にリニアに応答する、請求項 1 に記載の気体濃度計測装置。

【請求項 3】 測定対象領域の気体の濃度変化を計測する気体濃度計測方法において、

複数の矩形パルス波からなる矩形パルス波群を超音波生成信号とし、その超音波生成信号に応じて超音波を送信し、

上記測定対象領域の気体を通過した後の上記超音波を電気信号に変換して超音波受信信号とし、

上記超音波生成信号の信号出力時点を検出する一方、上記超音波受信信号に包絡線抽出処理を施して包絡処理信号を求めるとともに、その包絡処理信号が所定の閾値を越えた後にその閾値以下となる時点である閾値降下時点を求め、その閾値降下時点と上記信号出力時点との差分を気体濃度の変化分として検出する、

ことを特徴とする気体濃度計測方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、測定対象領域の気体の濃度変化を計測する気体濃度計測装置および気体濃度計測方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、気体の濃度変化や流量変化の計測を行う手法として、物質の誘電率の計測を行う「誘電緩和法」や、電磁波の吸収分布の計測を行う「吸収スペクトル計測法」、また通過した超音波の振幅の減衰率の計測を行う「超音波伝搬波減衰度計測法」などがある。いずれの方法も高い時間分解能はもたない。

【0003】

一方、送信機から受信機への音波の伝搬時間の計測を行う伝搬時間差法は、シンプルな手法であり、時間分解能の向上にもつながる。この手法の場合、正弦波等の定常波を送信機から送信して受信機で受信し、その送信元の定常波（送信波）と、受信機からの信号（受信波）とを比較してその波のピークのずれ（位相差）を伝搬時間とし、その伝搬時間が気体の濃度変化や流量変化に対応するようになっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記のように、気体の濃度変化等の計測を、定常波を用いて行くと、その定常波の2次、3次の反射が発生するため、超音波の送信部、受信部の距離が1cm未満の場合は計測が不可能となり、細管の中の気体変化はこの手法では計測が不可能であるという問題点を有していた。

【0005】

一方、定常波に代えて、矩形パルス波を用いて上記の問題点を解消するようにした気体濃度計測装置も開発されている。この矩形パルス波を用いる手法では、先ず矩形パルス波に基づいて生成した超音波を、受信側の超音波受信素子で受信し、その超音波受信信号に対し、例えば予め特定した最初から何番目かの波が閾値電圧を超えた時点と、矩形パルス波の最初の信号出力時点との時間差分を求め

、その時間差分を測定対象領域での気体濃度変化、流量変化として出力している。しかし、上記の測定ポイントは超音波受信素子が音波をうけて、振動を開始した直後の時間帯に位置しており、この時間帯は未だ超音波受信素子の動作が不安定であり、測定結果が不安定であった。このため、従来は多数回の計測とその平均処理を行い代表値としており、このため、計測に時間が掛かり、また、計測作業も繁雑化していた。

【0006】

この発明は上記に鑑み提案されたもので、超音波の送信部、受信部の距離が1cm未満の場合であっても気体の濃度変化等を計測することができ、かつ1回の計測だけで高精度で安定した測定結果を得ることができる気体濃度計測装置および気体濃度計測方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、測定対象領域の気体の濃度変化を計測する気体濃度計測装置において、複数の矩形パルス波からなる矩形パルス波群を超音波生成信号とし、その超音波生成信号に応じて超音波を送信する超音波送信手段と、上記測定対象領域の気体を通過した後の上記超音波を電気信号に変換し超音波受信信号とする超音波受信手段と、上記超音波生成信号の信号出力時点を検出する一方、上記超音波受信信号に包絡線抽出処理を施して包絡処理信号を求めるとともに、その包絡処理信号が所定の閾値を越えた後にその閾値以下となる時点である閾値降下時点を求め、その閾値降下時点と上記信号出力時点との差分を気体濃度の変化分として検出する気体濃度計測手段と、を備えることを特徴としている。

【0008】

また、請求項3に記載の発明は、測定対象領域の気体の濃度変化を計測する気体濃度計測方法において、複数の矩形パルス波からなる矩形パルス波群を超音波生成信号とし、その超音波生成信号に応じて超音波を送信し、上記測定対象領域の気体を通過した後の上記超音波を電気信号に変換して超音波受信信号とし、上記超音波生成信号の信号出力時点を検出する一方、上記超音波受信信号に包絡線

抽出処理を施して包絡処理信号を求めるとともに、その包絡処理信号が所定の閾値を越えた後にその閾値以下となる時点である閾値降下時点を求め、その閾値降下時点と上記信号出力時点との差分を気体濃度の変化分として検出する、ことを特徴としている。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下にこの発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0010】

図1はこの発明の気体濃度計測装置のブロック図である。図において、この発明の気体濃度計測装置1は、測定対象領域Rの気体の濃度変化を計測する気体濃度計測装置1であり、複数の矩形パルス波からなる矩形パルス波群を超音波生成信号S1とし、その超音波生成信号S1に応じて超音波を送信する超音波送信手段2と、上記測定対象領域Rの気体を通過した後の超音波を電気信号に変換し超音波受信信号S2とする超音波受信手段3と、その超音波生成信号S1の信号出力時点 s_t を検出する一方、超音波受信信号S2に包絡線抽出処理を施して包絡処理信号を求めるとともに、その包絡処理信号が所定の閾値を越えた後にその閾値以下となる時点である閾値降下時点 s_d を求め、その閾値降下時点と信号出力時点 s_t との差分を気体濃度の変化分として検出する気体濃度計測手段4と、を備えることを特徴としている。

【0011】

次に図2～図7を用いてより具体的に説明する。

【0012】

図2は測定対象領域周辺の要部構成例を示す図である。上記の超音波送信手段2および超音波受信手段3は、図2に示すように、例えば圧電素子からなる超音波送信素子21および超音波受信素子31をそれぞれ備え、超音波送信素子21は、超音波生成信号S1に応じて、例えば400KHzの超音波を送信する。この超音波は、例えば空気と窒素が交互に流れる測定対象領域Rを通過後、超音波受信素子31で受信されて電気信号に変換され超音波受信信号S2として出力される。

【0013】

図3は気体濃度計測装置の超音波パルス発生部を示す回路図、図4は気体濃度計測装置の超音波パルス受信部を示す回路図、図5は気体濃度計測装置の時間差計測部を示す回路図、図6は気体濃度計測装置の所定の部位での信号波形を示す図である。

【0014】

本発明の気体濃度計測装置1では、超音波を生成する際に、図6(a)に示すような、所定の周期を有する複数（例えば数個～十個程度）の矩形パルス波からなる矩形パルス波群S1を用いる。この矩形パルス波群（超音波生成信号）S1は、図3に示す超音波パルス発生部20で生成され、その最終段の超音波送信素子21に入力され、この超音波送信素子21の振動に応じて超音波が出力される。そして、超音波パルス発生部20のタイマIC(555)と分周器との間の信号線から分岐して取られた超音波生成信号S1は、図5の時間差計測部6に出力される。

【0015】

一方、測定対象領域Rを通過し気体の影響を受けた超音波は、図4の超音波パルス受信部5の超音波受信素子31で受信されて電気信号に変換され、図6(b)に示すような、超音波受信信号S2となる。超音波パルス受信部5は、その後この超音波受信信号S2に対して、ローパス(low pass)フィルターを用いて包絡線抽出処理を施し、図6(c)に示すような、包絡処理信号S3を生成する。また、この包絡処理信号S3と閾値電圧E0との比較をコンパレータを用いて行い、包絡処理信号S3が閾値電圧E0を越え、その後降下して閾値電圧E0を切った時点を閾値降下時点s_dとして検出し、その閾値降下時点s_dを時間差計測部6に出力する。

【0016】

また、時間差計測部6は、上記の超音波生成信号S1が入力されると、その超音波生成信号S1の最初の信号出力時点s_tを求める。そして、上記の閾値降下時点s_dと信号出力時点s_tとの時間差分を求め、この時間差分を気体濃度の変化分として出力する。

【0017】

なお、図1で示した各手段2, 3, 4のうち、超音波送信手段2は、超音波パルス発生部20に相当し、超音波受信手段3は、超音波パルス受信部5の超音波受信素子31に相当し、気体濃度計測手段4は、超音波受信素子31より後段側の超音波パルス発生部20と時間差計測部6とが相当している。

【0018】

このように、この発明の気体濃度計測装置1では、包絡処理信号S3の閾値降下時点s_dと超音波生成信号S1の最初の信号出力時点s_tとの時間差分を求めるようにした。この時間差分は、測定対象領域Rでの気体濃度変化や気体流量変化に応じた値となり、この時間差分を求めることで、測定対象領域Rでの気体濃度変化や気体流量変化を精度良く求めることができる。ところで、閾値降下時点s_dは、超音波受信信号S2が減衰し、安定している領域に位置しているので、測定結果も安定しており、このため従来、データの精度維持を図るために必要であった平均加算などの処理が不要となり、一度の超音波の送信・受信で気体中の濃度変化の計測を行うことが可能となり、したがって、気体濃度変化の測定を短時間で速やかに求めることができるようになった。

【0019】

また、この発明では、矩形パルス波を用いて超音波を生成するようにしたので、従来定常波を用いていたときに発生していた2次、3次の反射は発生せず、このため、超音波送信素子21と超音波受信素子31との距離を数mm程度まで短くしても、計測が可能となり、細管の中の気体濃度変化や気体流量変化を高精度で測定することができるようになった。

【0020】

なお、従来は、超音波受信信号S2に対し、予め特定した最初から何番目かの波が閾値電圧を超えた時点（図6（b）のA点）、あるいは包絡線抽出処理を施し最初に閾値電圧を超えた時点を音波到達時刻とし、その音波到達時刻と、信号出力時点s_tとの時間差分を求め、その時間差分を測定対象領域Rでの気体濃度変化、流量変化として出力していた。しかし、超音波受信素子31が音波をうけて、振動を開始する時点付近（図2のA点近傍）は不安定であり、従来は上記の

ように「何番目の波を検出する」というアルゴリズムを用いて対処している。しかし、実際にそのアルゴリズムに基づいて計測を行っても、やはり測定結果が不安定であるため、複数回の計測・平均を行い代表値としている。つまり時間分解能を犠牲にすることで、安定した信号を得ていた。

【0021】

これに対し、本発明者は、超音波受信素子 31 は、音波を受け始める前半部分は前述のように不安定であるが、後半（受信波（超音波受信信号 S2）が減衰する部分）は非常に安定している（同一実験下ではぶれが起きにくい）ことを見出し、この安定した後半部分を計測に用いるようにした。このため、本発明では、ローパスフィルタを用い、先ず受信波の包絡線を抽出し、この包絡線の立ち上がりではなく、たち下がりの時点 s_d の検出を行った。つまり閾値電圧 E_0 を超えた時点を求めるのではなく、閾値電圧 E_0 を下回った時点の算出を行った。この結果、平均加算などの処理を行わずに一度の超音波の送信・受信で気体中の濃度変化や流量変化の計測を行うことが可能となった。

【0022】

次に実際の測定結果について、図 7、図 8 および図 9 を用いて説明する。

【0023】

図 7 は気体切り換え装置の構成例を示す図、図 8 は図 7 の気体切り替え装置を用いて測定対象領域の気体を切り換えその濃度変化を本発明の気体濃度計測装置で測定した結果を示す図である。

【0024】

図 7 において、測定対象領域 R には、空気と窒素の双方が常時流入可能となっており、切り替え部 R1 が例えば空気側に連通され、空気が切り替え部 R1 から吸引されると、窒素のみが測定対象領域 R を流れるようになる。そして、気体濃度計測装置 1 は、超音波送信素子 21 から超音波を送信して、測定対象領域 R の気体を通過させることで、その気体濃度変化を計測する。

【0025】

ここでは、先ず切り替え部 R1 で窒素を吸引して測定対象領域 R に空気を供給しておき、次に切り替え部 R1 での電磁弁切り替えにより、空気を吸引して窒素

を200ミリ秒だけ供給し、その切り替え時の気体濃度変化を測定するようにした。超音波送信素子21と超音波受信素子31との距離は3mmとした。図8はその測定を1回だけ実施した結果であり、この1回の測定だけで、50ミリ秒経過後から窒素への切り替えが始まり、およそ150ミリ秒で切り替わりが完了している様子がはっきりとわかる。従来の定常波を用いた測定で分子量が44の二酸化炭素と分子量28.8の空気のコントラストの計測を行った結果(30回の加算平均をとった結果)と比較して、本発明の測定は分子量28の窒素と28.8の空気で分子量が近似している同士の計測を行い、しかも1回だけの測定であるにもかかわらず、従来に対して高いS/N比を実現している。

【0026】

また、図7の気体切り替え装置を用いて、酸素と窒素を流し、酸素の割合を、0%(窒素100%)、5%、10%、15%、20%(空気)、25%と変化させたときの、閾値降下時点s_dと信号出力時点s_tとの時間差分を計測した結果を図9に示している。この発明の気体濃度計測装置1では、超音波受信信号S2の後半に位置している閾値降下時点s_dを検出して時間差分を計測するようにしているので、測定が高精度、高速にかつ安定して行われるとともに、そのことに起因して、図9から分かるように、時間差分が気体の混合比(組成比)にリニアに応答している。このような気体の混合比変化に対するリニアな応答は、従来の定常波を用いる手法や超音波受信信号の前半を用いる手法では見られないものであった。したがって、この気体濃度計測装置1を用いると、気体の混合比(組成比)の変化も高精度、高速に安定して計測することができることが分かった。

【0027】

このような、高精度で高速、かつ安定した気体の濃度変化計測が可能な本発明によって、化学プラント、エンジンなどの流体の変化の様子を高時間分解能で計測を行うことが可能となる。

【0028】

なお、上記の説明では、測定対象領域Rでは、空気と窒素、また酸素と窒素が交互に流れる場合について説明したが、この気体は空気や窒素に限定されることがなく、任意の気体を採用することができる。

【0029】

【発明の効果】

以上述べたように、この発明では、包絡処理信号の閾値降下時点と超音波生成信号の信号出力時点との時間差分を求めるようにし、この閾値降下時点は、超音波受信信号が減衰し、安定している領域に位置しているので、測定結果も安定しており、このため従来、データの精度維持を図るために必要であった平均加算などの処理が不要となり、一度の超音波の送信・受信で気体中の濃度変化の計測を行うことが可能となる。したがって、気体濃度変化の測定を短時間で速やかに求めることができる。

【0030】

また、矩形パルス波を用いて超音波を生成するようにしたので、従来定常波を用いていたときに発生していた2次、3次の反射は発生せず、このため、超音波送信素子と超音波受信素子との距離を数mm程度まで短くしても、計測が可能となり、細管の中の気体濃度変化や気体流量変化を高精度で測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明の気体濃度計測装置のブロック図である。

【図2】

測定対象領域周辺の要部構成例を示す図である。

【図3】

気体濃度計測装置の超音波パルス発生部を示す回路図である。

【図4】

気体濃度計測装置の超音波パルス受信部を示す回路図である。

【図5】

気体濃度計測装置の時間差計測部を示す回路図である。

【図6】

気体濃度計測装置の所定の部位での信号波形を示す図である。

【図7】

気体切り換え装置の構成例を示す図である。

【図 8】

図 7 の気体切り替え装置を用いて測定対象領域の気体を切り換えその濃度変化を本発明の気体濃度計測装置で測定した結果を示す図である。

【図 9】

図 7 の気体切り替え装置を用いて測定対象領域の気体を切り換えその混合比変化を本発明の気体濃度計測装置で測定した結果を示す図である。

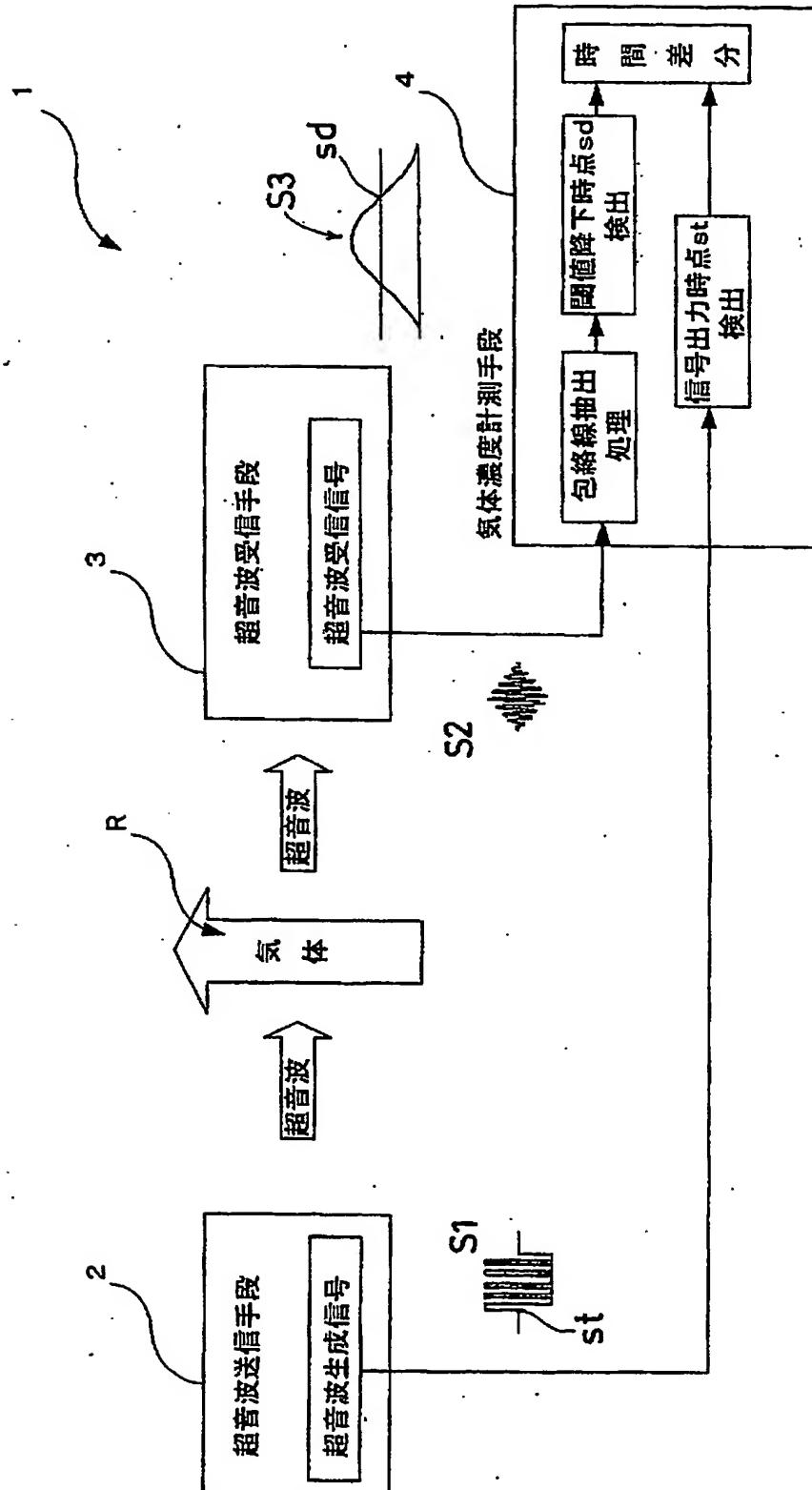
【符号の説明】

- | | |
|-----|------------------|
| 1 | 気体濃度計測装置 |
| 2 | 超音波送信手段 |
| 3 | 超音波受信手段 |
| 4 | 気体濃度計測手段 |
| 5 | 超音波パルス受信部 |
| 6 | 時間差計測部 |
| 20 | 超音波パルス発生部 |
| 21 | 超音波送信素子 |
| 31 | 超音波受信素子 |
| s d | 閾値降下時点 |
| s t | 信号出力時点 |
| E 0 | 閾値電圧 |
| R | 測定対象領域 |
| R 1 | 切り替え部 |
| S 1 | 超音波生成信号（矩形パルス波群） |
| S 2 | 超音波受信信号 |
| S 3 | 包絡処理信号 |

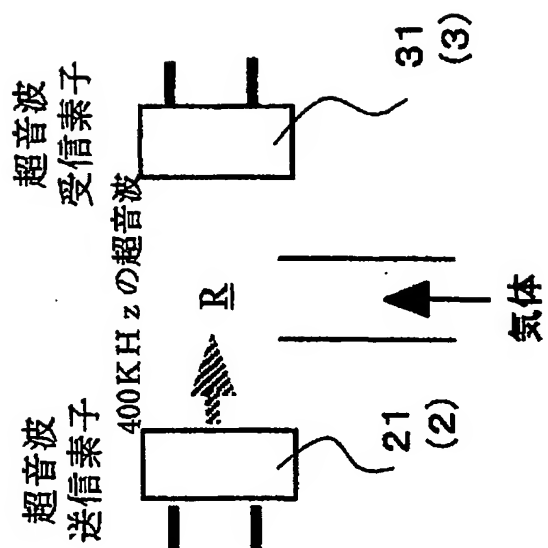
【書類名】

図面

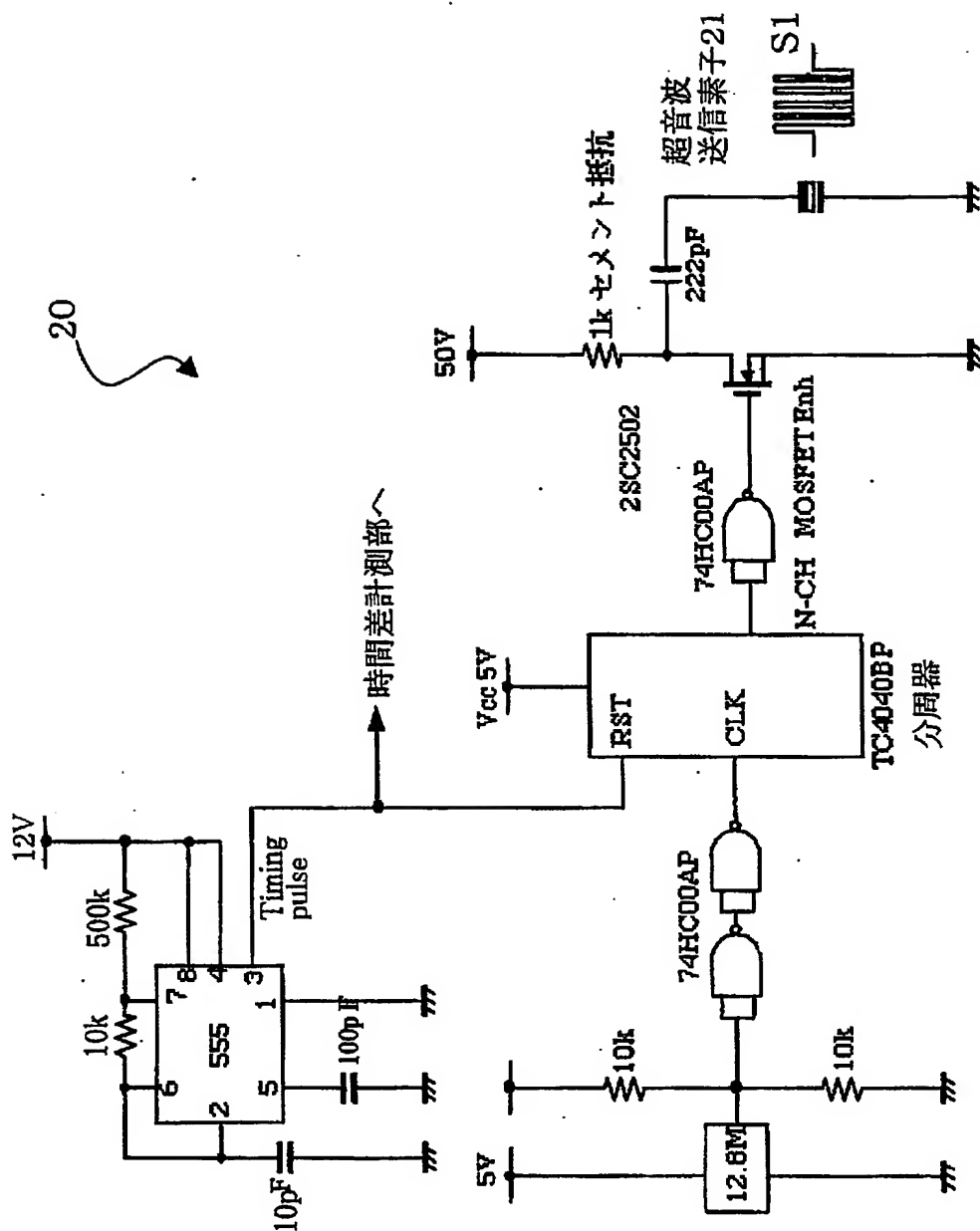
【図1】



【図 2】



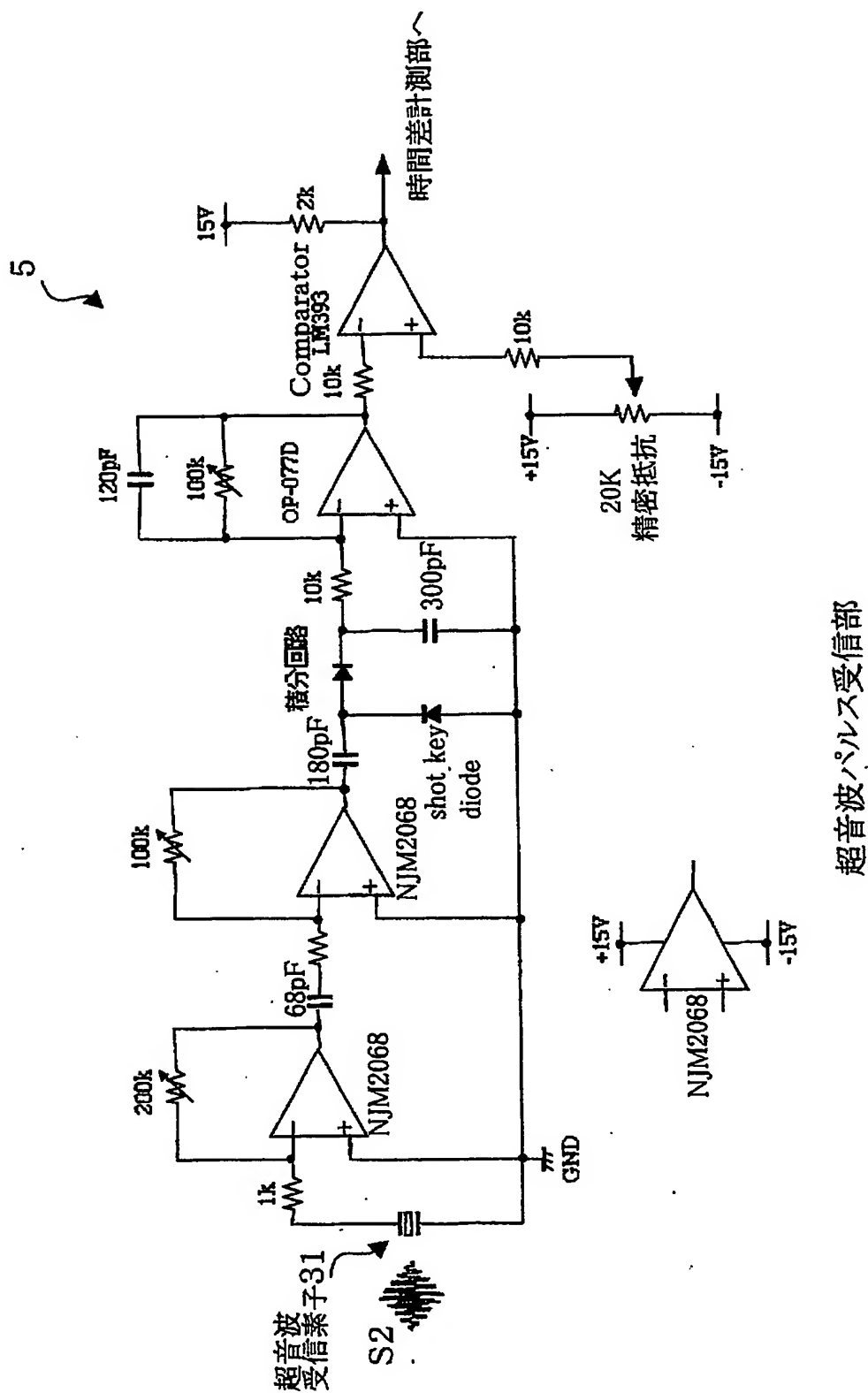
【図3】



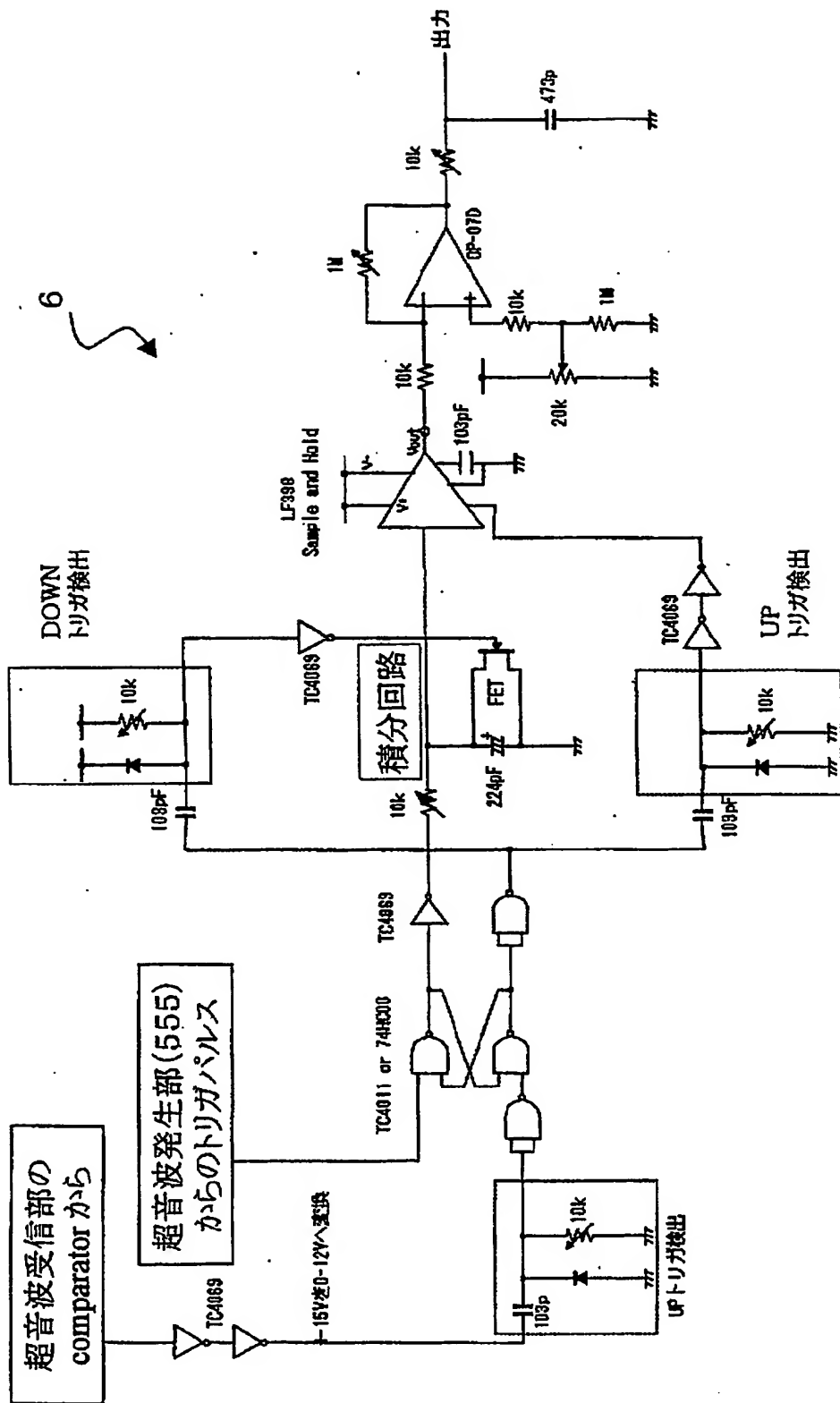
超音波パルス発生部

20

【図4】



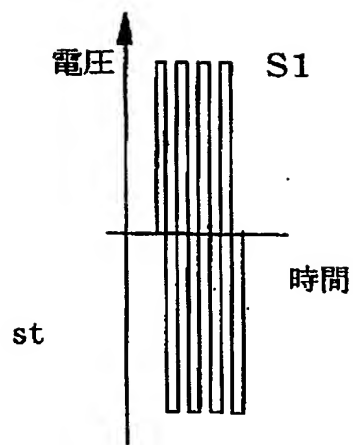
【図5】



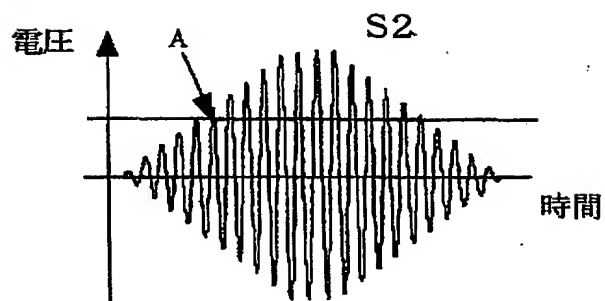
時間差計測部

【図 6】

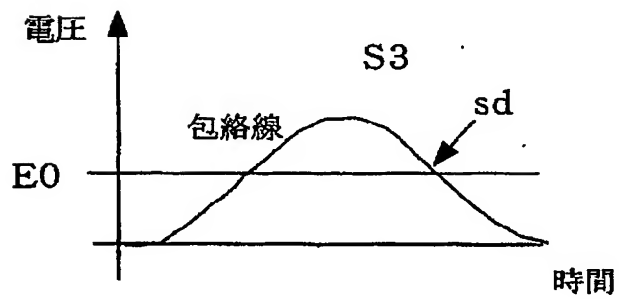
(a) 超音波送信信号



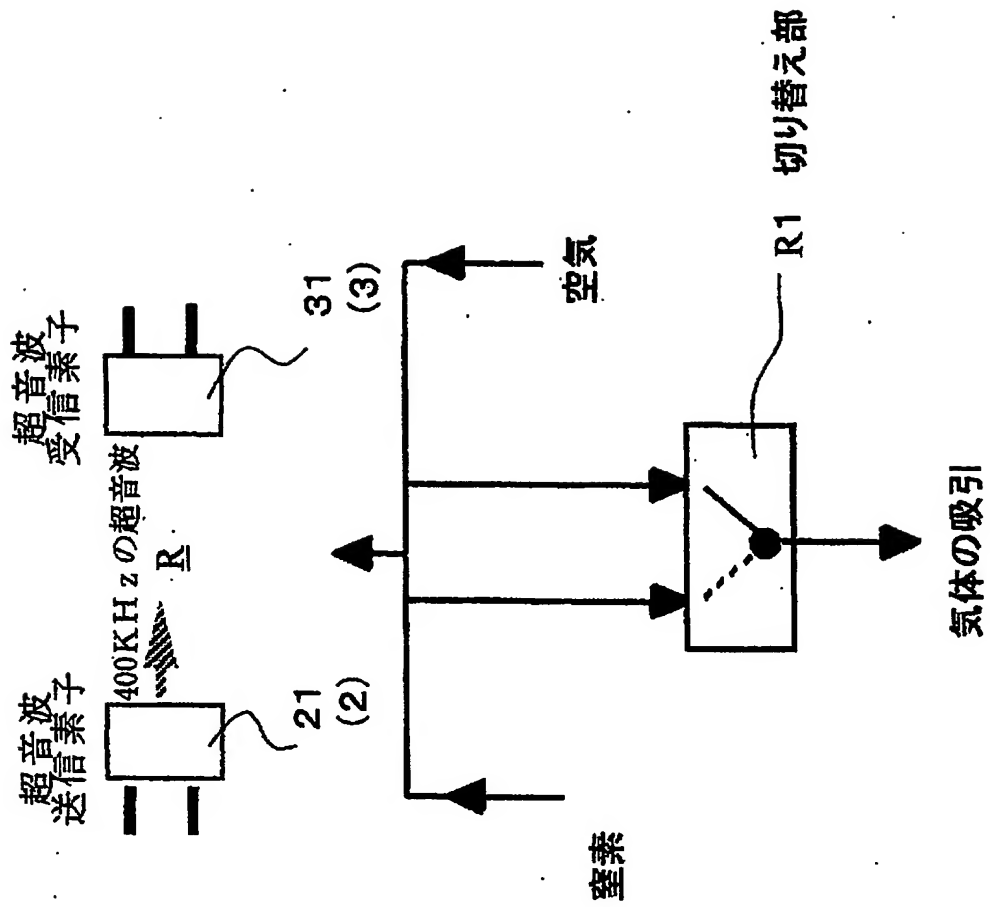
(b) 超音波受信信号
気体通過直後



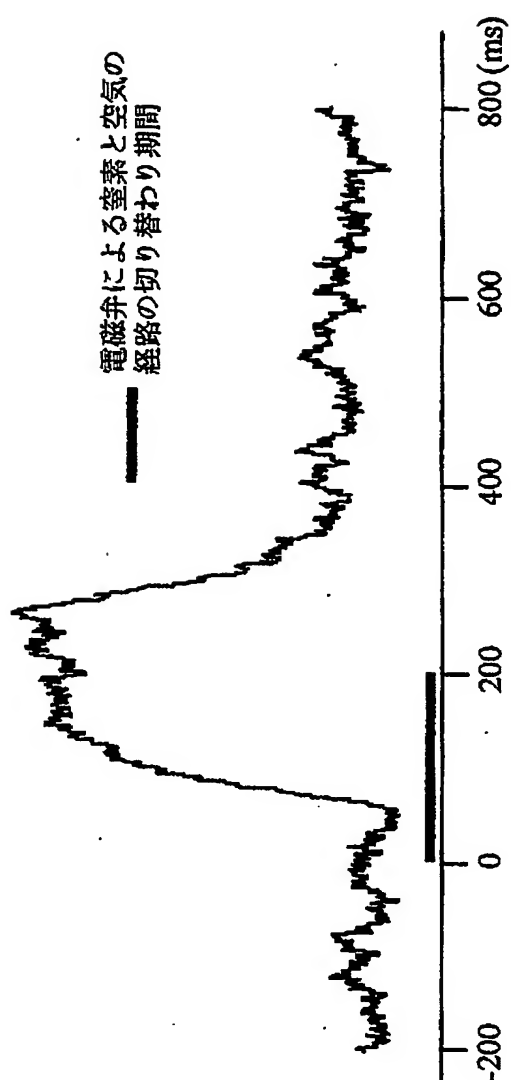
(c) 超音波受信信号
包絡線抽出処理後



【図7】

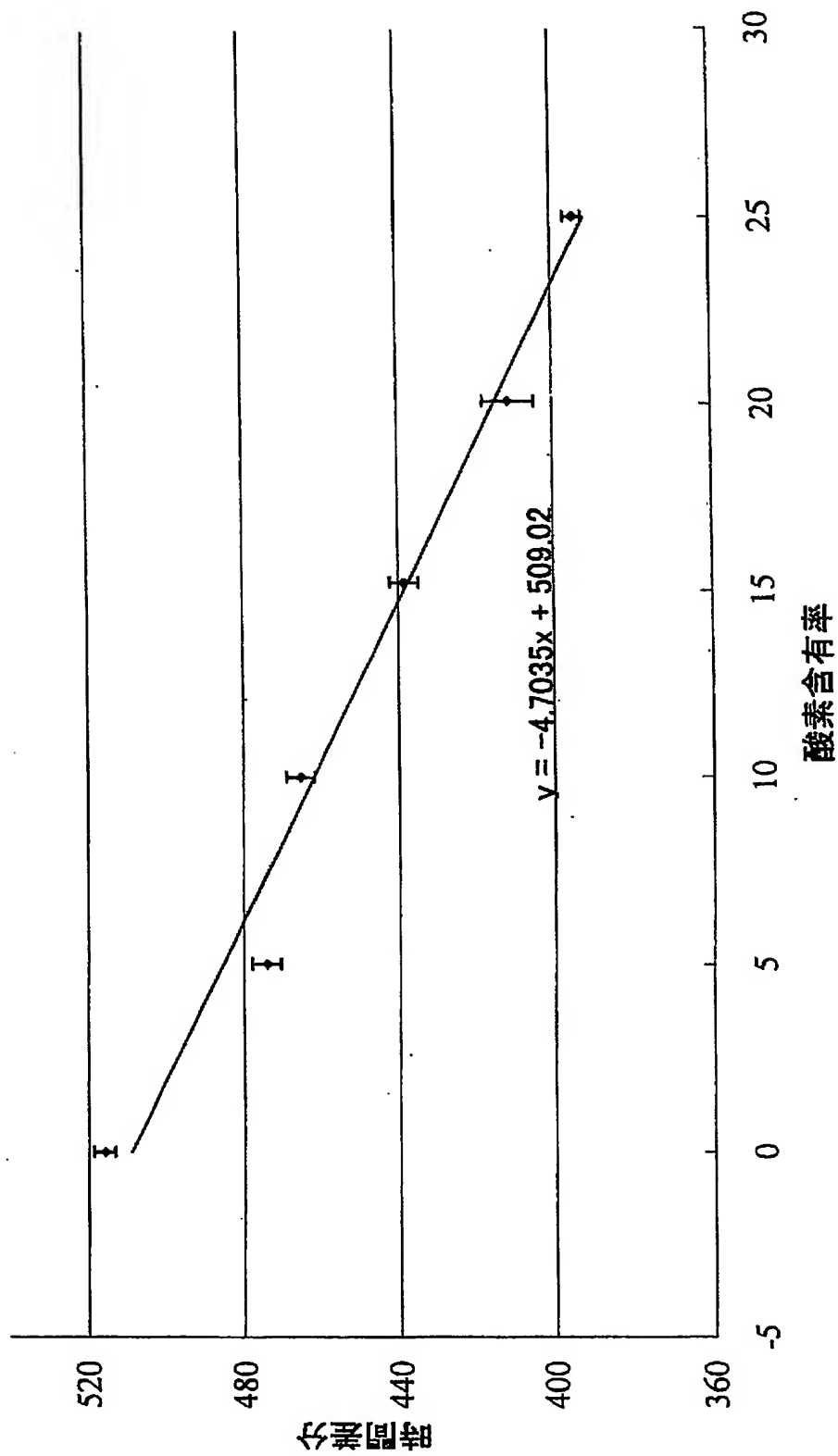


【図 8】



窒素ガスを200ミリ秒、空気の流れに挿入した場合のセンサーの出力

【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 超音波の送信部、受信部の距離が1 c m未満の場合であっても気体の濃度変化等を計測することができるようにする。

【解決手段】 この発明の気体濃度測定装置1は、複数の矩形パルス波からなる矩形パルス波群を超音波生成信号S1とし、その超音波生成信号S1に応じて超音波を送信する超音波送信手段1と、測定対象領域Rの気体を通過した後の超音波を電気信号に変換し超音波受信信号S2とする超音波受信手段3と、その超音波生成信号S1の信号出力時点s tを検出する一方、超音波受信信号S2に包絡線抽出処理を施して包絡処理信号を求めるとともに、その包絡処理信号が所定の閾値を越えた後にその閾値以下となる時点である閾値降下時点s dを求め、その閾値降下時点と信号出力時点s tとの差分を気体濃度の変化分として検出する気体濃度計測手段4と、を備えることを特徴としている。

【選択図】 図1

特願 2002-210512

出願人履歴情報

識別番号

[301021533]

1. 変更年月日

2001年 4月 2日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区霞が関1-3-1

氏 名

独立行政法人産業技術総合研究所